Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. med. G. Schäcke

Ergometrische Untersuchungen zur Frage der körperlichen Leistungssteigerung durch Bohnenkaffee

Inaugural–Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Angela Barth
Berlin

1978

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544718_0040

Aus dem Institut für Arbeitsmedizin der Freien
Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. med. G. Schäcke

Ergometrische Untersuchungen zur Frage der körperlichen Leistungssteigerung durch Bohnenkaffee

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Angela Barth
Berlin

Referent: Prof. Dr. G. Schäcke

Korreferent: Prof. Dr. H. Stoboy

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am 17. November 1978

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1.0	Einleitung
2.0	Untersuchungsgut und Methodik
2.1	Untersuchungsgut
2.2	Methodik
2.2.1	Meßgrößen
2.2.2	Meteorologische Daten
2.2.3	Statistische Bearbeitung
2.2.4	Herstellung des Kaffeeinfuses
3.0	Ergebnisse
3.1	Herzschlagfrequenz
3.1.1	Herzschlagfrequenz im Leerversuch
3.1.1.1	Ruhe
3.1.1.2	Belastung
3.1.1.3	Erholung
3.1.2	Herzschlagfrequenz unter Kaffee-Einfluß
3.1.2.1	Ruhe
3.1.2.2	Belastung
3.1.2.3	Erholung
3.2	Blutdruck
3.2.1	Blutdruck im Leerversuch
3.2.1.1	Ruhe
3.2.1.2	sofort nach Belastungsende
3.2.1.3	Erholung
3.2.2	Blutdruck unter Kaffee-Einfluß
3.2.2.1	Ruhe
3.2.2.2	sofort nach Belastungsende
3.2.2.3	Erholung
3.3	Vitalkapazität
3.4	Atemstoßwert

3.5 Maximale Sauerstoffaufnahme
3.5.1 Leerversuch
3.5.2 unter Kaffee-Einfluß

3.6 Maximales Atemminutenvolumen
3.6.1 Leerversuch
3.6.2 unter Kaffee-Einfluß

4.0 Besprechung der Ergebnisse

4.1 Herzschlagfrequenz
4.2 Blutdruck
4.3 Vitalkapazität und Atemstoßtest
4.4 Maximale Sauerstoffaufnahme
4.5 Maximales Atemminutenvolumen

5.0 Zusammenfassung

6.0 Literaturverzeichnis

7.0 Anhang

8.0 Lebenslauf

1.0 Einleitung

Bohnenkaffee ist ein weltweit verbreitetes Getränk. Die Weltproduktion betrug 1975 4,52 Mio Tonnen (12). In der Bundesrepublik Deutschland hat der Verbrauch in großem Umfang zugenommen. Schon 1966 trank jeder Bundesbürger über 15 Jahre pro Tag eine Tasse Kaffee, hergestellt aus im Durchschnitt 10 g Kaffeebohnen (6). Im Jahre 1974 führte die Bundesrepublik 376.400 Tonnen Rohkaffee ein; der pro Kopfverbrauch betrug hier 4 kg Röstkaffee (12).

Bei der üblichen Zubereitung des Kaffeegetränks gehen die wasserlöslichen Kaffeeinhaltsstoffe in den Aufguß über. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse einer quantitativen Kaffeeanalyse von Thaler 1955 (zitiert bei Czok 6).

Tab.1 Prozentuale Zusammensetzung der bisher bekannten wasserlöslichen Inhaltsstoffe des Kaffeegetränks (Thaler)

Coffein	4,8 %
Trigonellin	3,2 %
Chlorogensäure	14,0 %
Mineralstoffe	14,8 %
Kohlenhydrate	28,0 %
Proteine	6,5 %

Kaffee ist als Genußmittel beliebt, gilt aber in besonderem Maße als anregendes und leistungssteigerndes Getränk. Die allgemein stimulierende Wirkung auf das Zentralnervensystem ist durch viele Untersuchungen gesichert: Müdigkeit und

Unlust werden nach Kaffeegenuß geringer, Arbeitseifer und Tatendrang steigen, in der Gefühlssphäre überwiegt eine euphorische Grundstimmung. Die Tiefschlafphasen verkürzen sich nach Kaffeegenuß (3, 10, 17, 19, 28, 31, 32, 34, 41).

Eine Steigerung der körperlichen Leistung durch Bohnenkaffee ist umstritten. Rivers und Weber 1908, Schirlitz 1929, Alles und Feigen 1942 (zit. in 29, 40) und Spengler 1957 (35) fanden bei Ergometer- und Treppensteigversuchen bis zu 20 %ige Leistungssteigerungen. Die genannten Autoren ließen ihre Versuchspersonen bei konstanter Belastung bis zur Erschöpfung arbeiten und registrierten die jeweilige Leistungsdauer.

Herxheimer 1922 und Neumann 1963 (zit. in 30) stellten dagegen bei Untersuchungen an 100 m-Läufern und bei Schwimmversuchen mit Ratten und Mäusen keinerlei Verbesserung der Körperleistung fest. Zu demselben negativen Ergebnis führten einzelne spiroergometrische Untersuchungen aus dem Arbeitskreis um H. Valentin (15).

Einige Autoren fanden im Anschluß an die anregende Wirkung von Bohnenkaffee eine rasche Ermüdung, sowie ein Absinken der Aufmerksamkeit und der körperlichen Leistung unter das Ausgangsniveau. Sie nehmen daher an, daß eine eventuelle Leistungssteigerung auf der Erhöhung der Leistungsbereitschaft beruht, ohne die Grenze der Leistungsfähigkeit zu beeinflussen (3, 8, 26, 30,32, 41).

Aufgabe der vorliegenden Studie war, die Beeinflußbarkeit der Leistungsfähigkeit durch Bohnenkaffee zu prüfen.

Der wichtigste bestimmende Faktor und das zuverlässigste Kriterium körperlicher Leistungsfähigkeit ist die maximale Sauerstoffaufnahme (Knipping 1960,(18) und Mellerowicz 1962, (27)). Untersucht wurde daher die Beeinflussung dieses Wertes durch Bohnenkaffee unter Vita-maxima-Bedingungen am Fahrradergometer.

2.0 Untersuchungsgut und Methodik

2.1 Untersuchungsgut

Als Versuchspersonen stellten sich dreißig männliche Studenten zur Verfügung. Die biometrischen Daten sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tab. 2 Biometrische Daten der untersuchten Probanden

		$\bar{x} \pm s$	min.	max.
Alter	(Jahre)	24 ± 2	20	26
Länge	(cm)	179 ± 7	164	190
Gewicht	(kg)	73 ±11	55	108

Von den dreißig Versuchspersonen verneinten achtundzwanzig Fragen nach Vorerkrankungen an Herz, Kreislauf und Lunge. Zwei Studenten war ein erhöhter Blutdruck bekannt. Die im Rahmen dieser Untersuchung gemessenen Ruheblutdruckwerte ohne Kaffeegenuß betrugen 170/100 mm Hg und 160/100 mm Hg.
Sechzehn Studenten waren Nichtraucher, sieben rauchten zwischen 2 und 5 Zigaretten pro Tag. Sechs Studenten rauchten täglich 10 bis 15 Zigaretten, ein Student 20 Zigaretten.

Elf Versuchspersonen gaben an, überhaupt keinen Bohnenkaffee zu trinken, 19 Personen tranken regelmäßig zwischen 1 und 6 Tassen pro Tag.

2.2 Methodik

Die Untersuchungen wurden in einem Sommermonat zwischen acht und zwölf Uhr durchgeführt, der Leer- und der Kaffeeversuch jeweils an zwei aufeinander folgenden Tagen zur gleichen Zeit, um mögliche durch die zirkadiane Rhythmik entstehende Leistungsunterschiede zu vermeiden.

Die Belastung erfolgte mittels eines Fahrradergometers* im Sitzen alternierend in einem Leerversuch und einer Wiederholung dreißig Minuten nach Einnahme eines standardisierten Kaffeeinfuses. Sie wurde bei 90 Watt begonnen und minütlich um jeweils 30 Watt bis zur Erreichung des Vita-maxima-Bereiches gesteigert.

Die Atemvolumina und Atemzeitvolumina sowie die Sauerstoffaufnahme wurden durch einen Spirographen** fortlaufend aufgezeichnet. Die Herzschlagfrequenz wurde mit Hilfe einer einkanaligen Radiotelemetrieanlage*** kontinuierlich registriert.

---

* Typ 499, Fa. Dargatz, Hamburg

** Typ 510, Fa. Dargatz, Hamburg

*** Programm 19, Fa. Hellige, Freiburg i.Br.

2.2.1 Meßgrößen

Es wurden folgende Messungen durchgeführt:

in Ruhe: Vitalkapazität (l) und Atemstoßwert (l/sec), Herzschlagfrequenz (n/min) und Blutdruck (mm Hg) nach drei, sechs und neun Minuten.

während Belastung: Herzschlagfrequenz in jeder Minute, maximale Sauerstoffaufnahme (l/min) und maximales Atemminutenvolumen (l/min), Blutdruck direkt nach Belastungsende

während der Erholung: Herzschlagfrequenz und Blutdruck nach einer, drei, sechs und neun Minuten.

2.2.2 Meteorologische Daten

Während der Versuchsdauer betrug der Luftdruck im Mittel 742 $\pm$ 2 mm Hg, die Lufttemperatur 22 $\pm$ 2 ^{o}C und die relative Luftfeuchte 58 $\pm$ 12 %.

2.2.3 Statistische Bearbeitung

Die statistische Aufarbeitung der Meßergebnisse erfolgte an der Rechenanlage CD 3300 des Rechenzentrums der Universität Erlangen-Nürnberg.
Nach Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen wurde der t-Test nach Student für verbundene Stichproben angewandt. Die Bedingungen hierfür - Normalverteilungen der Stichproben und Homogenität der Varianzen - waren erfüllt.

2.2.4 Herstellung des Kaffeeinfuses

Zur Verwendung kam ein Kaffeegemisch aus neun Arabica-Sorten mit einem durchschnittlichen Coffeingehalt von 1,2 %. Der Kaffeeaufguß wurde in Anlehnung an Czok (6) folgendermaßen hergestellt:

50 g Kaffeepulver wurden mit 350 ml kochendem Wasser übergossen. Der Infus blieb 10 Minuten bedeckt stehen und wurde dann durch Mull abfiltriert.
Für das so gewonnene Getränk ergibt sich unter der Voraussetzung, daß 85 % des Coffeingehaltes des verwendeten Kaffees in den Aufguß übergehen, ein berechneter Coffeingehalt von 0,51 g/350 ml. Dies entspricht der Einzelmaximaldosis von 0,5 g für einen 70 kg schweren Menschen (23).
Den Versuchspersonen wurden pro kg Körpergewicht 5 ml dieses Infuses verabreicht. Die jeweiligen Untersuchungen wurden 30 Minuten nach Einnahme des Getränks durchgeführt. Coffein wird bei peroraler Gabe voll resorbiert, nach einer halben Stunde sind die höchsten Konzentrationen im Blut zu erwarten (8).

3.0 Ergebnisse

3.1 Herzschlagfrequenz

3.1.1 Herzschlagfrequenz im Leerversuch

3.1.1.1 Ruhe

In der dritten und sechsten Meßminute betrugen die Werte der Ruheherzschlagfrequenz im Mittel 78 $\pm$ 14 Schl/min. In der neunten Meßminute betrug

die mittlere Herzschlagfrequenz 80 ± 15 Schl/min. Maximale Einzelabweichungen: zwei Versuchspersonen wiesen während der Ruhemessungen eine Herzschlagfrequenz von 110 Schl/min auf, eine Person zeigte Werte um 45 Schl/min.

3.1.1.2 Belastung

Unter minütlich gesteigerter Belastung stieg die Herzschlagfrequenz kontinuierlich an. Nach einer Belastungsminute betrug sie im Mittel 100 ± 16 Schl/min, nach sechs Belastungsminuten 161 ± 9 Schl/min. Der höchste erreichte Einzelwert betrug 178 Schl/min, der niedrigste 145 Schl/min. Direkt nach erfolgter Belastung lag die mittlere Herzschlagfrequenz bei 160 ± 12 Schl/min.

3.1.1.3 Erholung

Während der Erholungsphase fiel die Herzschlagfrequenz rasch ab; nach einer Minute fand sich ein Mittelwert von 139 ± 12 Schl/min. Nach neun Minuten wurde im Mittel ein Wert von 104 ± 17 Schl/min erreicht. Der höchste gemessene Einzelwert nach neun Erholungsminuten betrug 135 Schl/min, der niedrigste 67 Schl/min.

3.1.2 Herzschlagfrequenz unter Kaffee-Einfluß

3.1.2.1 Ruhe

Unter Bohnenkaffee lagen die Ruhewerte der Herzschlagfrequenz nach drei und sechs Minuten im Mittel bei 90 ± 15 Schl/min. Nach neun Ruheminuten betrug sie 94 ± 15 Schl/min. Der höchste gemessene Einzelwert betrug 131 Schl/min, der niedrigste 51 Schl/min.

3.1.2.2 Belastung

Auch unter Kaffee-Einfluß erfolgte eine kontinuierliche Steigerung der Herzschlagfrequenz bei Belastung. Nach der ersten Belastungsminute betrug der mittlere Wert 106 ± 15 Schl/min, nach der sechsten Minute war er auf 162 ± 8 Schl/min angestiegen. Der höchste erreichte Einzelwert betrug 179 Schl/min, der niedrigste 149 Schl/min nach sechs Belastungsminuten.
Bei Belastungsende lag die mittlere Herzschlagfrequenz bei 164 ± 8 Schl/min.

3.1.2.3 Erholung

Nach einer Erholungsminute betrug der Mittelwert 144 ±14 Schl/min; er fiel dann auf 105 ± 17 Schl/min nach neun Minuten ab. Höchster gemessener Einzelwert nach neun Erholungsminuten: 148 Schl/min, niedrigster: 72 Schl/min.

3.2 Blutdruck

3.2.1 Blutdruck im Leerversuch

3.2.1 Ruhe

Die systolischen Blutdruckwerte lagen im Mittel bei 124 ± 16 mm Hg und 122 ± 13 mm Hg. Der höchste gemessene Einzelwert in der neunten Ruheminute betrug 155 mm Hg, der niedrigste 100 mm Hg.

Die mittleren diastolischen Blutdruckwerte lagen während der Ruhemessungen zwischen 83 ± 9 mm Hg und 85 ± 10 mm Hg. Der höchste gemessene Einzelwert betrug nach neun Minuten 105 mm Hg, der niedrigste 65 mm Hg.

3.2.1.2 sofort nach Belastungsende

Der hier festgestellte mittlere systolische Blutdruckwert betrug 168 ± 22 mm Hg, der diastolische 66 ± 14 mm Hg. Als höchster systolischer Einzelwert wurden 225 mm Hg gemessen, als niedrigster 135 mm Hg. Der höchste diastolische Wert betrug 100 mm Hg, der niedrigste 45 mm Hg.

3.2.1.3 Erholung

Nach der ersten Erholungsminute betrug der mittlere systolische Wert 164 ± 20 mm Hg, fiel nach drei Minuten auf 147 ± 29 mm Hg und hatte nach neun Minuten mit 120 ± 13 mm Hg das Ruheniveau erreicht. Nach neun Minuten fand sich als höchste Einzelabweichung ein systolischer Blutdruckwert von 160 mm Hg, als niedrigste ein Wert von 95 mm Hg.

Der mittlere diastolische Wert lag nach einer Erholungsminute bei 65 ± 10 mm Hg, stieg nach drei Minuten auf 68 ± 9 mm Hg und nach neun Minuten auf 76 ± 8 mm Hg. Der höchste gemessene Einzelwert betrug hier nach neun Minuten 100 mm Hg, der niedrigste 65 mm Hg.

3.2.2 Blutdruck unter Kaffee-Einfluß

3.2.2.1 Ruhe

In den drei Ruhemeßminuten wurden mittlere systolische Blutdruckwerte um 130 ± 14 mm Hg gefunden. Der höchste Einzelwert nach neun Ruheminuten betrug 165 mm Hg, der niedrigste 100 mm Hg.

Der mittlere diastolische Wert lag nach erfolgten Ruhemessungen zwischen 86 ± 9 mm Hg und 87 ± 8 mm Hg.

Höchster Einzelwert nach neun Ruheminuten: 100 mm Hg, niedrigster: 70 mm Hg.

3.2.2.2 sofort nach Belastungsende

Im Anschluß an die Belastung betrug der mittlere systolische Blutdruckwert unter Bohnenkaffee 170 ± 26 mm Hg, der höchste gemessene Einzelwert 255 mm Hg und der niedrigste 145 mm Hg.

Als mittlerer diastolischer Blutdruckwert fand sich ein Wert von 65 ± 14 mm Hg. Der höchste Einzelwert betrug hier 100 mm Hg, der niedrigste 45 mm Hg.

3.2.2.3 Erholung

Nach einer Erholungsminute fand sich ein mittlerer systolischer Blutdruckwert von 170 ± 21 mm Hg, nach drei Minuten war er auf 152 ± 19 mm und nach neun Minuten auf 126 ± 16 mm Hg abgefallen. Der höchste gemessene systolische Einzelwert nach neun Erholungsminuten betrug 165 mm Hg, der niedrigste 105 mm Hg.

Der mittlere diastolische Blutdruckwert betrug nach einer Erholungsminute 65 ± 10 mm Hg, stieg nach drei Minuten auf 70 ± 8 mm Hg und hatte nach neun Minuten mit einem Wert von 77 ± 7 mm Hg das Ruheniveau noch nicht wieder erreicht. Als höchster diastolischer Einzelwert nach neun Minuten ergaben sich 100 mm Hg, als niedrigster 65 mm Hg.

3.3 Vitalkapazität

Die Vitalkapazität VK_{BTPS} betrug im Mittel 5,4 ± 1 l; der höchste gemessene Einzelwert betrug 7,1 l, der niedrigste 3,5 l.

3.4 Atemstoßwert

Der Atemstoßwert AST_{BTPS} betrug im Mittel 4,5 ± 1 l/sec, der höchste Einzelwert 5,8 l/sec, der niedrigste 3,4 l/sec.

3.5 Maximale Sauerstoffaufnahme

3.5.1 im Leerversuch

Für die maximale Sauerstoffaufnahme V_{O_2max} wurde im Leerversuch ein Mittelwert von 2,6 ± 0,5 l/min errechnet. Der höchste gemessene Einzelwert betrug 3,5 l/min, der niedrigste 1,7 l/min.

3.5.2 unter Kaffee-Einfluß

Die mittlere maximale Sauerstoffaufnahme unter Bohnenkaffee betrug 2,6 ± 0,5 l/min. Als höchste gemessene Einzelabweichung fand sich ein Wert von 3,4 l/min, als niedrigste von 1,7 l/min.

3.6 Maximales Atemminutenvolumen

3.6.1 im Leerversuch

Das maximale Atemminutenvolumen AMV_{max} betrug im Mittel im Leerversuch 103,4 ± 27 l/min, der höchste gemessene Einzelwert 147,4 l/min und der niedrigste 43,7 l/min.

3.6.2 unter Kaffee-Einfluß

Unter Kaffeewirkung fand sich ein Mittelwert von 102,7 ± 24 l/min. Der höchste Einzelwert betrug 146,5 l/min, der niedrigste 44,4 l/min.

4.0 Besprechung der Ergebnisse

Coffein ist der einzige herzkreislaufwirksame Bestandteil des Bohnenkaffees. Über seine physiologischen und pharmakologischen Wirkungen liegen zahlreiche Untersuchungen mit teilweise unterschiedlichen Ergebnissen vor.

4.1 Herzschlagfrequenz

In der von uns verabreichten Maximaldosierung bewirkte Coffein eine signifikante Steigerung der Ruheherzschlagfrequenz um 15 %, von im Mittel 79 ± 15 Schl/min auf 91 ± 16 Schl/min; die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug 1 %.

Schlagfrequenzsteigerungen in ähnlicher Höhe bei etwa gleicher Dosierung beschreiben die Autoren Kopf (21) und Pellmont (32). Böger (1) erzielte durch intravenöse Injektion von 0,3 g Coffein sogar eine 50 %ige Steigerung der Herzschlagfrequenz.

Neuthard (31), Seyffert (34) und Zincke (41) konnten nach peroralen Gaben von 0,2 g Coffein keine signifikante Änderung der Herzschlagfrequenz feststellen.

Czok (6) führt die unterschiedlichen Ergebnisse auf die jeweiligen Dosierungen zurück. Die Steigerung der Herzschlagfrequenz durch Coffein ist dosisabhängig und erfolgt über eine direkte Beeinflussung der Reizbildung am Herzen. Kleine Coffeindosen bewirken durch Erregung des Vaguszentrums im allgemeinen eine Bradykardie.

Über die Schlagfrequenzsteigerung und über eine gleichzeitige Erhöhung der Kontraktionskraft des Herzens erhöht Coffein das Herzminutenvolumen (1, 2, 4 - 6, 14, 31, 33, 39, 42).

Unter Belastung ließ sich nur in der ersten Minute eine Beeinflussung der Herzschlagfrequenz nachweisen. Es fand sich eine Steigerung von im Mittel 101 ± 16 Schl/min auf 106 ± 15 Schl/min. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug hier 5%. Bei weiterem Belastungsanstieg konnte keine signifikante Schlagfrequenzänderung durch Coffein festgestellt werden.

Im Vita-maxima-Bereich ergab sich bei der direkt nach Beendigung der höchsten Belastungsstufe durchgeführten Messung eine mittlere Frequenzsteigerung von 160 ± 12 Schl/min im Leerversuch auf 164 ± 8 Schl/min unter Bohnenkaffee. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug 5 %; die Signifikanz der Differenz ist jedoch bei kleinen Standardabweichungen möglicherweise methodisch bedingt.

So konnte auch Pellmont (32) durch Gaben von 0,2g Coffein bei Versuchspersonen, deren Herzschlagfrequenz nach körperlicher Arbeit erhöht war, keine weitere Frequenzsteigerung erzielen.

In den folgenden neun Erholungsminuten erreichte die Herzschlagfrequenz noch nicht wieder das Ruheniveau. Die mittlere Differenz zu den Ruhewerten betrug im Leerversuch 23 Schl/min, unter Bohnenkaffee 11 Schl/min.
Eine signifikante Frequenzsteigerung durch Coffein fand sich lediglich in der ersten Erholungsminute: gegenüber 139 ± 17 Schl/min im Leerversuch wurden 145 ± 14 Schl/min erreicht. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug 1 %.

Die folgende Abbildung zeigt das Verhalten der

Herzschlagfrequenz im Leerversuch und nach Kaffeegenuß während des gesamten Untersuchungsablaufes.

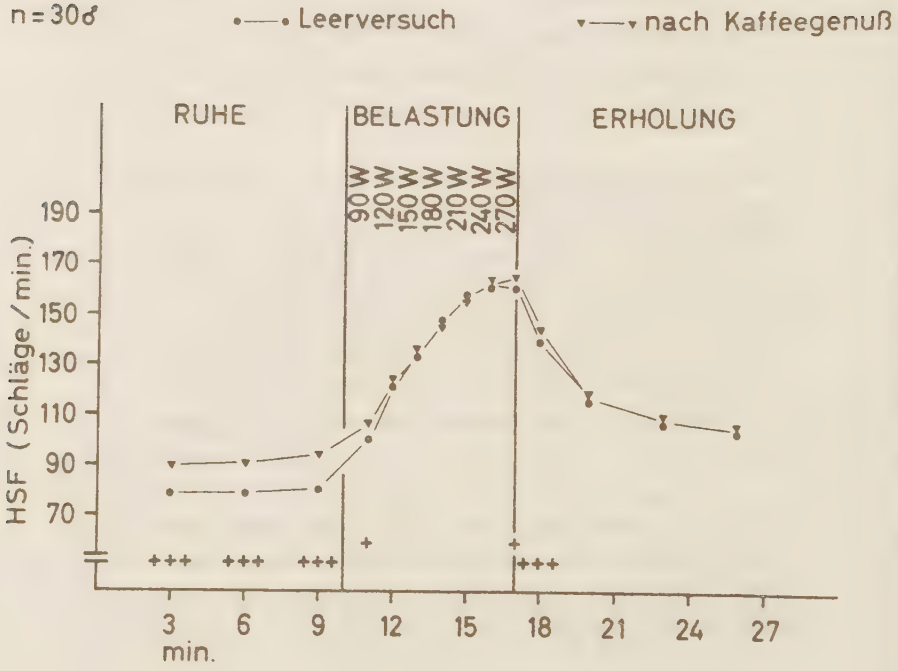

Abb.1 Verhalten der Herzschlagfrequenz im Leerversuch und nach Kaffeegenuß während der Ruhephase, unter minütlich gesteigerter Belastung und bei Erholung. Aufgetragen wurden die jeweils errechneten Mittelwerte der Herzschlagfrequenz HSF (Schl/min); die Mittelwerte ergaben sich aus je 30 Einzelmessungen.

Zeichenerklärung: +++ = Irrtumswahrscheinlichkeit p = 0,01
+ = Irrtumswahrscheinlichkeit p = 0,05

4.2 Blutdruck

Unter Coffein zeigte dieser Parameter ein ähnliches Verhalten wie die Herzschlagfrequenz.

Unter Ruhebedingungen bewirkte Bohnenkaffee eine signifikante Steigerung der systolischen Werte von 124 ± 17 mm Hg auf 131 ± 16 mm Hg im Mittel (Irrtumswahrscheinlichkeit p = 1 %).
Die diastolischen Blutdruckwerte wurden nicht beeinflußt.

Böger (1) und Seyffert (34) fanden Steigerungen des systolischen Blutdruckwertes von 40 und 25 mm Hg. Kopf (21), Langer (25) und Zincke (41) erzielten nach Coffeingaben keine signifikante Blutdruckänderung.

Unter Ergometerbelastung hatte sich die Blutdruckamplitude vergrößert. Sofort nach Belastungsende lag im Leerversuch der systolische mittlere Wert um 46 mm Hg über dem Ruhewert, der diastolische 19 mm Hg darunter.
Unter Coffein lag der systolische Wert 40 mm Hg über dem mittleren Ruhewert, der diastolische 22 mm Hg darunter.
Die Unterschiede zwischen den im Leerversuch und unter Kaffeewirkung gemessenen Werten sind nicht signifikant.

In den folgenden neun Erholungsminuten erreichten systolischer und diastolischer Wert wieder das Ruheniveau. In der ersten Erholungsminute hatte Coffein den systolischen Blutdruckwert von im Mittel 165 ± 20 mm Hg im Leerversuch auf 170 ± 21 mm Hg gesteigert (p = 2,5 %), in der neunten Minute von 121 ± 13 mm Hg im Leerversuch auf 126 ± 16 mm Hg (p = 2,5 %).

Der diastolische Blutdruckwert betrug nach sechs Erholungsminuten unter Kaffee-Einfluß 76 ± 6 mm Hg gegenüber 71 ± 8 mm Hg im Leerversuch. Die Irrtumswahrscheinlichkeit betrug 1 %; bei kleinen Standardabweichungen ist wahrscheinlich auch hier die statistische Methodik Ursache der Signifikanz der Differenz.

Die folgende Abbildung zeigt das mittlere Blutdruckverhalten.

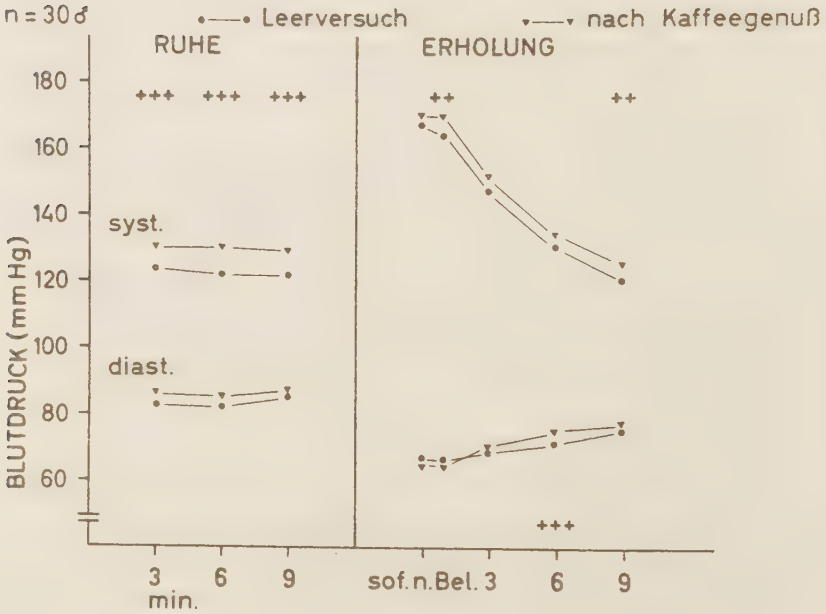

Abb. 2 Blutdruckverhalten (systolisch und diastolisch) im Leerversuch und nach Kaffeegenuß während der Ruhephase, sofort nach Belastungsende und während neun Erholungsminuten. Aufgetragen wurden die jeweils aus 30 Einzelmessungen errechneten Mittelwerte.
Zeichenerklärung: wie Abbildung 1

4.3 Vitalkapazität und Atemstoßtest

Die für die Vitalkapazität und den Atemstoßtest ermittelten Werte lagen bei allen Probanden nach den Tabellen von Cara (20) im Normalbereich. Die Einzelwerte sind dem tabellarischen Anhang zu entnehmen. Auch die Versuchspersonen, die täglich zwischen 10 und 20 Zigaretten rauchten, wiesen keine durch diese Meßgrößen erfaßbaren Einschränkungen der Lungenfunktion auf.

4.4 Maximale Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme ist bei gesunden Probanden der wesentliche Parameter zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit.
Sowohl im Leerversuch als auch nach Kaffeegenuß wurde für die maximale Sauerstoffaufnahme ein mittlerer Wert von 2,6 $\pm$ 0,5 l/min festgestellt. Die Einzelwerte liegen in dem von Mellerowicz (27) für diese Altersgruppe angegebenen Normalbereich von 2,6 - 3,3 l/min.
Coffein beeinflußt diesen Wert in der verabreichten Dosierung also nicht.

4.5 Maximales Atemminutenvolumen

Auch dieser Parameter wurde duch Coffein nicht beeinflußt: einem Mittelwert von 103 $\pm$ 27 l/min im Leerversuch steht nach Kaffeegenuß ein Wert von 102 $\pm$ 27 l/min gegenüber. Diese Differenz ist als zufällig zu betrachten und ließ sich statistisch nicht sichern. Im Einzelfall kann es gegen-

über dem Leerwert unter dem Einfluß von Kaffee zu erheblichen Meßwertdifferenzen sowohl in positiver als auch in negativer Richtung kommen. Außerdem ist festzustellen, daß eine Abnahme oder Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme nicht zwangsläufig an ein gleichsinniges Verhalten des Atemminutenvolumens gebunden ist (siehe Tabelle 3).

Der unterschiedliche Einfluß von Kaffee auf die maximale Sauerstoffaufnahme und auf das maximale Atemminutenvolumen ergibt sich aus den in Tabelle 3 aufgeführten Beispielen:

Tab. 3 Ergospirometrische Daten ausgewählter Probanden im Leerversuch und nach Kaffeegenuß

	Prob.Nr.	Leerversuch	nach Kaffee
max. O_2-Aufnahme (l/min)	2	3,5	3,2
	9	2,9	3,0
	13	2,8	2,9
max. AMV (l/min)	2	128,9	103,3
	9	117,9	125,6
	13	131,1	107,1

Während der Proband Nr. 2 nach Kaffeegenuß eine verminderte maximale Sauerstoffaufnahme aufweist, ergibt sich für die Versuchpersonen 9 und 13 ein umgekehrtes Bild.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen unter Bohnenkaffee keine objektivierbare Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit, gemessen durch die maximale Sauerstoffaufnahme, erkennen.

Dies steht im Widerspruch zu den von Rivers und Weber (40), Schirlitz, Spengler, Alles und Feigen (35, 40) gefundenen Ergebnissen (siehe auch Seite 5). Die genannten Autoren ließen ihre Versuchspersonen bei kontinuierlicher Belastung bis zur Erschöpfung arbeiten und fanden nach Coffeingaben eine Verlängerung der Leistungsdauer gegenüber dem Leerversuch.

Die Differenz zu unseren Ergebnissen läßt sich jedoch mit der angewandten Methode erklären: die Zeitdauer, während der eine Arbeit bis zur Erschöpfung durchgeführt werden kann, ist kein zuverlässiges Kriterium körperlicher Leistungsfähigkeit. Hierbei ist die Motivation der Versuchsperson ein wichtiger Faktor (36). Durch Coffein könnte wohl über die allgemein stimulierende Wirkung eine Erhöhung der Leistungsbereitschaft erfolgen. Jedoch konnten in mehreren Untersuchungen auch allein durch Placebo-Gaben deutliche Steigerungen der Motivation und damit Leistungsverbesserungen erzielt werden (9).

Da objektivierbare Steigerungen körperlicher Leistung durch Coffein nicht nachgewiesen sind, gehört Coffein nicht zu den auf der Doping-Liste des Deutschen Sportbundes aufgeführten Pharmaka (16).

5.0 Zusammenfassung

In einem zweimaligen Belastungsversuch am Fahrradergometer, einem Leerversuch und einem Versuch dreißig Minuten nach Einnahme eines standardisierten Kaffeeinfuses, wurde unter Beobachtung des Verhaltens von Herzschlagfrequenz und Blutdruck an dreißig männlichen Studenten zwischen 20 und 26 Jahren untersucht, ob Coffein die körperliche Leistungsfähigkeit, gemessen durch die maximale Sauerstoffaufnahme und das maximale Atemminutenvolumen, beeinflussen kann.
Die verabreichte Coffeinmenge betrug 0,5 g pro 70 kg/Körpergewicht.

Wir fanden eine Steigerung der Ruheherzschlagfrequenz und des systolischen Ruheblutdruckwertes durch Bohnenkaffee. Der einzige herzkreislaufwirksame Stoff dieses Getränks, das Coffein erwies sich jedoch als wirkungslos bei den unter Belastung untersuchten Größen.

Es konnte keine Beeinflussung der maximalen Sauerstoffaufnahme und des maximalen Atemminutenvolumens im Sinne einer Minderung oder Steigerung bei den durchgeführten Messungen nachgewiesen werden.

Folgende Mittelwerte wurden gefunden:

	Leerversuch	nach Kaffee
Ruheherzschlagfrequenz	79 ± 15 Schl/min	91 ± 15 Schl/min
systolischer Ruheblutdruckwert	122 ± 14 mm Hg	130 ± 14 mm Hg
maximale Sauerstoffaufnahme	2,6 ± 0,5 l/min	2,6 ± 0,5 l/min
maximales Atemminutenvolumen	103 ± 27 l/min	103 ± 24 l/min

Die Mittelwerte der einzelnen Meßpunkte sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen:

Tab. 4 Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichung s der systolischen Blutdruckwerte während Ergometerbelastung im Leerversuch und nach Kaffeegenuß

syst. Blutdruck (mm Hg)		Leerversuch $\bar{x}$	s	nach Kaffeegenuß $\bar{x}$	s	p
Ruhemeß-minuten	3	124,2	16,7	130,5	15,7	+++
	6	122,1	13,1	130,3	14,0	+++
	9	122,3	12,9	129,5	13,9	+++
Erholungs-meßminuten	0	167,7	22,0	170,7	26,1	
	1	164,7	20,3	170,1	21,2	++
	3	147,5	29,8	151,5	19,1	
	6	130,2	18,6	134,3	18,1	
	9	120,7	13,5	125,5	15,6	++

Tab. 5 Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichung s der diastolischen Blutdruckwerte während Ergometerbelastung im Leerversuch und nach Kaffeegenuß

diast. Blutdruck (mm Hg)		Leerversuch $\bar{x}$	s	nach Kaffeegenuß $\bar{x}$	s	p
Ruhemeß-minuten	3	83,2	9,7	86,2	10,6	
	6	82,8	9,2	85,7	9,6	
	9	85,2	9,8	87,2	8,5	
Erholungs-meßminuten	0	66,2	14,1	64,7	14,2	
	1	65,0	9,8	64,7	9,5	
	3	68,5	8,7	70,0	8,1	
	6	71,3	8,4	75,7	6,5	+++
	9	75,8	8,3	77,0	7,7	

Zeichenerklärung:

+++ Irrtumswahrscheinlichkeit p = 0,01

++ = p = 0,025 + = p = 0,05

Tab. 6 Mittelwerte $\bar{x}$ und Standardabweichung s der Herzschlagfrequenz während Ergometerbelastung im Leerversuch und nach Kaffeegenuß

Herzschlagfrequenz Schl/min		Leerversuch $\bar{x}$	Leerversuch s	nach Kaffeegenuß $\bar{x}$	nach Kaffeegenuß s	p
Ruhemeß-	3	78,6	14,7	89,7	15,2	+++
minuten	6	78,8	16,6	90,3	15,0	+++
	9	80,6	15,7	94,0	15,7	+++
Belastungs-	1	100,6	16,4	106,3	15,1	+
meßminuten	2	121,5	14,8	123,6	13,8	
	3	134,0	15,5	134,9	15,6	
	4	147,4	13,7	147,1	13,8	
	5	157,9	12,0	156,7	12,2	
	6	161,7	9,3	162,4	8,4	
Erholungs-	0	160,5	12,1	164,1	8,5	+
meßminuten	1	139,0	17,5	144,9	14,0	+++
	3	117,5	18,7	117,5	18,1	
	6	108,7	16,9	109,1	16,5	
	9	104,1	17,6	105,1	17,5	

Zeichenerklärung:

+++ Irrtumswahrscheinlichkeit p = 0,01

++ = p = 0,025 + = p = 0,05

6.0 Literaturverzeichnis

1. Böger, A., B. Deppe, K. Wezler
Die Dynamik des menschlichen Kreislaufes unter der Wirkung von Kreislaufmitteln.
Arch.exp.Path.Pharm. 198(1938)480

2. Buhr, G.
Neue Erkenntnisse über die Wirkung von Coffein und Kaffee auf die Herz- und Kreislaufdynamik des Menschen.
Ärztl.Forsch. 12(1958) 584

3. Buhr, G., Landgrebe
Über die Wirkung von gefiltertem und ungefiltertem Kaffee auf die nervöse Erregbarkeit und die Kreislaufdynamik des Menschen.
Med.Klin. 58(1963) 1477

4. Bülbring, E.
Die Wirkung einiger neuerer Herzmittel am durchströmten Froschherz.
Arch.exp.Path.Pharm. 152(1930) 257

5. Buhr, G.
Über die Wirkung von Kaffee auf die Kreislaufperipherie und deren nervöse Regulation.
Ärztl.Forsch. 20(1966) 89

6. Czok, G.
Untersuchungen über die Wirkung von Kaffee.
Ernährungs-Wiss., Suppl.5, Darmstadt 1966

7. Czok, G., K. Lang
Physiologische, pharmakologische und klinische Wirkungen des Kaffees.
Ernährungs-Wiss., Suppl. 14, Darmstadt 1972

8. Dehio, H.
Über den Einfluß des Coffeins und Thees auf die Dauer einfacher psychischer Vorgänge.
Inaug.Diss. Dorpat 1887

9. Donike, M.
Doping, oder das Pharmakon im Sport.
Zentrale Themen der Sportmedizin.
Springer Berlin 1972

10. Eichler, O.
Kaffee und Coffein.
Springer Berlin 1938

11. Ettlers, Th.
Zur qualitativen Differenzierung pharmakonbedingter Leistungsmotiviertheit.
Arzneimittel-Forsch. 16(1966) 306

12. Fochler-Hauke, G.
Fischer Weltalmanach 1977

13. Freudenberg, K.
Grundriß der medizinischen Statistik.
Schattauer Stuttgart 1962

14. Gummel, H., M. Kiese
Pharmakologische Untersuchungen über Kaffee.
Arch.exp.Path.Pharm. 188(1938) 215

15. Heim, F., H.P.T. Ammon
Coffein und andere Methylxanthine.
Schattauer Stuttgart 1969

16. Hollmann, W.
Zentrale Themen der Sportmedizin.
Springer Berlin 1972

17. Keul, J., H. Reindell, H. Roskamm, E. Doll
Über die pharmakologische Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit.
Med.Klin. 61(1966) 1174

18. Knipping, H.W., W. Bolt, H. Valentin, H. Venrath
Untersuchung und Beurteilung des Herzkranken.
Enke Stuttgart 1960

19. Kligge, H.
Die vegetative Dystonie, die Hypotonie und der Bohnenkaffee.
Med.Klin. 57 (1962) 1103

20. Komission der Europäischen Gemeinschaften
Leitfaden für die praktische Durchführung der Untersuchung der ventilatorischen Funktion durch die Spirographie.
Schriftenreihe Arbeitshygiene und Arbeitsmedizin Nr. 11
Luxemburg 1973

21. Kopf, H.
Über einen Fall akuter Coffeinvergiftung.
Med.Klin. 41 (1946) 516

22. Küchmeister, H., H. Bartelheimer, A. Jores
Klinische Funktionsdiagnostik
Thieme Stuttgart 1967

23. Kuschinsky, G., H. Lüllmann
Kurzes Lehrbuch der Pharmakologie
Thieme Stuttgart 1970

24. Kuschinsky, G., E. Muscholl
Die Wirkung von Theophyllin, Coffein und Theobromin auf Kontraktionskraft, Erregbarkeit, Refraktärzeit und Spontanfrequenz des isolierten Herzmuskels der Katze.
Arch.exp.Path.Pharm. 229 (1956) 348

25. Langer, J., J. Hamacher
Zur Objektivierung des Effektes von Kaffeegenuß auf das Herz-Kreislaufsystem des Menschen.
Arch.exp.Path.Pharm. 260 (1968) 166

26. Luff, K., Th. Vogler, H. Bardong
Über den Einfluß des Coffeins auf das Leistungsverhalten am Kugeltestgerät.
Zbl.Verkehrsmed.Verkehrspsychol. 10 (1964) 74

27. Mellerowicz, H.
Ergometrie
Urban-Schwarzenberg München 1962

28. Müller-Limmroth, W.
Der Einfluß von coffeinhaltigem und coffeinfreiem Kaffee auf den Schlaf des Menschen.
Z.Ernährungs-Wiss., Suppl. 14, Darmstadt 1972

29. Murdoch Ritchie, J.
Coffeine, Theophylline and Theobromine.
The Pharmacological Basis of Therapeutics 145 (1970) 358

30. Neumann, K.H.
Tierversuche zur Frage körperlichen Leistungsvermögens nach Aufnahme von Coffein.
Med.Klin. 60 (1965) 1354

31. Neuthard, A., A. Hoen
Pharmakologische Untersuchungen über das Minutenvolumen des normalen menschlichen Herzens.
Arch.exp.Path.Pharm. 106 (1937) 293

32. Pellmont, B.
Vergleichende Untersuchungen von Coramin, Coffein und Pervitin auf psychische und physische Leistungen des ermüdeten und nicht ermüdeten Menschen.
Arch.exp.Path.Pharm. 199 (1942) 274

33. Schmid, E., M. Bubnoff, R. Taugner
Zur Kreislaufwirkung der Purinkörper.
Arzn.mttl.Forsch. 5 (1955) 194

34. Seyffert, H.M.
Physische und psychische Wirkungen von Kaffee und Coffein.
Arzneimittel-Forsch. 4 (1954) 207

35. Spengler, O.
Schw.Zbl.Sportmed. 5 (1957) 97

36. Stegemann, J.
Leistungsphysiologie
Thieme Stuttgart 1971

37. Strubelt, O.
Über indirekte sympathikomimetische Wirkungen der Methylxanthine.
Coffein und andere Methylxanthine
Schattauer Stuttgart 1969

38. Valentin, H., H.J. Woitowitz
Zur Funktion und Dynamik von Herz und Kreislauf und ihre Erfassung durch Funktionsanalysen.
Verhandlungen der dt. Gesellschaft für Arbeitsmedizin
Steinkopff Darmstadt 1969

39. Völker, R.
Bohnenkaffee und seine physiologischen Wirkungen.
Ernährungs-Umschau 1967 141

40. Weiss, B., V.G. Laties
Enhancement of human performance by Caffeine and the Amphetamines.
The Pharmacological Basis of Therapeutics 145 (1970) 369

41. Zincke, H.
Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß der Kraftfahrzeugsgeschwindigkeit auf Gasstoffwechsel- und Kreislauffunktionen mit und ohne Coffein.
Inaug.Diss. Frankfurt/M. 1967

42. Zsoter, T.
The Effect of Aminophylline and Isoproterenol on Venous Distensibility.
Canadian J. Physiol.Pharmakol. 46/2 (1968) 225

7.0 Anhang

Tab. I Anamnestische Daten

Name	Vorerkrankungen an Herz, Kreislauf, Lunge	Nikotin Zigaretten/die	Kaffee Tassen/die	Sport Std/Woche	seit wann Jahre
1. J.A.	-	15	0	0	-
2. M.B.	-	0	0	0	-
3. B.B.	-	15	1	0	-
4. R.H.	-	0	0	0	-
5. F.K.	-	12	0	0	-
6. H.M.	-	2	2	3	3
7. G.M.	-	0	1	4	1/2
8. T.M.	-	2	2	3	6
9. P.R.	-	0	0	18	1
10. K.S.	Hypertonie	0	1	0	-
11. B.S.	-	0	1	0	-
12. W.S.	-	2	3	30	2
13. O.S.	-	20	6	0	-
14. H.W.	-	2	3	4	3
15. A.W.	-	0	4	0	-
16. D.B.	-	0	0	6	4
17. P.H.	-	0	0	2	1/2
18. M.H.	-	10	0	0	-
19. D.J.	-	0	0	5	3/4
20. K.L.	-	0	2	0	-
21. E.L.	-	0	6	3	1
22. H.L.	-	3	2	2	10
23. A.N.	-	15	0	0	-
24. K.R.	-	0	2	6	5
25. W.S.	-	10	2	0	-
26. G.S.	-	0	0	2	3
27. V.S.	-	0	2	2	4
28. V.W.	-	0	0	4	2
29. R.W.	-	3	2	3	10
30. H.Z.	Hypertonie	5	3	0	-

Tab. II Biometrische Daten

Alter (J.)	Länge (cm)	Gewicht (kg)	Vitalkap. VK (1) BTPS	Atemstoß AST (l/min) BTPS
20	181	61	6,88	4,92
26	176	65	5,13	4,31
23	180	76	7,09	5,35
23	184	76	5,40	3,39
24	164	55	4,47	4,47
24	190	96	3,49	4,59
23	180	70	5,35	5,13
25	174	60	5,31	4,59
22	175	80	5,29	5,02
25	177	82	6,22	5,62
26	165	55	4,25	3,71
22	178	71	5,89	3,06
26	177	80	6,01	4,53
26	176	74	5,40	4,37
23	174	74	5,o2	3,49
26	186	71	6,99	5,79
21	176	73	5,74	5,41
24	169	65	4,53	3,93
26	179	80	5,57	3,28
22	180	70	6,01	4,75
22	182	65	5,56	4,53
24	184	72	5,40	5,24
26	180	70	4,80	5,08
24	177	63	5,18	3,66
20	175	57	5,13	4,69
22	186	84	6,21	5,79
26	198	80	5,78	4,81
26	185	74	5,57	4,37
25	179	72	5,35	3,60
26	186	108	5,13	4,31

Tab. III Meteorologische Daten

Druck (mm Hg)		Temp. (°C)		Rel.Feuchte (%)		BTPS		STPD	
o.K.	m.K.	o.K.	m.K.	o.K.	m.K.	o.K.	m.K.	o.K.	m.K.
740	740	23	23	49	54	1,092	1,092	0,877	0,877
739	735	25	24	45	59	1,092	1,093	0,876	0,871
744	745	22	22	57	54	1,092	1,092	0,882	0,883
739	735	25	24	45	62	1,092	1,093	0,876	0,871
747	739	24	25	61	45	1,091	1,092	0,886	0,876
744	745	22	22	61	59	1,092	1,092	0,882	0,883
743	743	18	18	72	68	1,092	1,092	0,881	0,881
744	744	23	24	47	50	1,092	1,092	0,882	0,882
744	740	23	22	52	57	1,092	1,092	0,882	0,877
744	744	22	23	54	52	1,092	1,092	0,882	0,882
739	735	25	24	45	59	1,092	1,093	0,876	0,871
744	744	22	23	61	47	1,092	1,092	0,882	0,882
743	743	18	18	72	68	1,092	1,092	0,881	0,881
740	740	23	23	54	54	1,092	1,092	0,887	0,887
739	735	25	24	45	62	1,092	1,093	0,876	0,871
740	741	19	25	82	57	1,092	1,092	0,877	0,878
744	745	22	22	53	58	1,092	1,092	0,882	0,883
740	735	23	24	52	45	1,092	1,093	0,877	0,871
741	740	21	26	82	57	1,092	1,092	0,878	0,877
744	744	22	22	50	56	1,092	1,092	0,882	0,882
745	744	22	22	54	60	1,092	1,092	0,882	0,884
744	744	23	21	52	52	1,092	1,092	0,882	0,882
743	740	19	22	70	55	1,092	1,092	0,881	0,877
740	735	22	23	55	53	1,092	1,093	0,883	0,877
745	744	22	22	59	61	1,092	1,092	0,877	0,882
740	740	23	23	54	52	1,092	1,092	0,877	0,877
740	741	19	25	82	57	1,092	1,092	0,877	0,878
740	740	23	23	54	52	1,092	1,092	0,877	0,877
744	744	23	21	52	52	1,092	1,092	0,882	0,882
740	741	19	25	82	57	1,092	1,092	0,877	0,878

Tab. IV Herzschlagfrequenz HSF (n/min) in Ruhe

Vp	3.Min			6.Min			9.Min		
	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D
1.	102	115	13	101	131	30	110	129	19
2.	75	92	17	78	90	12	78	93	15
3.	80	85	5	75	82	7	75	88	13
4.	58	84	26	53	86	33	52	98	46
5.	59	75	16	52	81	29	65	72	7
6.	82	89	7	91	89	2	89	103	14
7.	98	98	0	97	99	2	97	102	5
8.	98	108	10	108	115	7	102	119	17
9.	68	75	7	73	85	12	75	73	2
10.	76	75	1	74	74	0	76	83	7
11.	91	95	4	92	93	1	88	105	17
12.	81	99	18	85	95	10	81	95	14
13.	75	75	0	65	80	15	71	85	14
14.	78	105	27	75	90	15	75	85	10
15.	82	88	6	85	85	0	88	88	0
16.	65	85	20	67	88	21	68	92	24
17.	110	120	10	111	118	7	109	126	17
18.	61	89	28	65	81	16	68	79	11
19.	68	72	4	65	75	75	10	69	23
20.	96	102	6	104	105	1	105	109	4
21.	85	105	20	92	95	3	96	105	9
22.	79	102	23	85	103	18	81	105	24
23.	48	51	3	45	53	8	42	55	13
24.	82	99	17	65	95	30	83	95	12
25.	92	105	13	93	105	12	95	103	8
26.	72	92	10	73	89	16	75	95	20
27.	70	85	15	85	92	7	89	95	6
28.	72	80	8	69	82	13	75	89	14
29.	68	68	0	72	75	3	70	80	10
30.	68	78	10	68	79	11	69	82	13

Fortsetzung Tab. IV

Herzschlagfrequenz HSF (n/min) unter Belastung

	1.Min.			2.Min.			3.Min		
VP	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D
1.	142	130	-12	150	145	-5	152	165	13
2.	90	117	27	119	128	9	135	139	4
3.	95	112	17	114	118	4	117	115	-2
4.	92	92	0	105	105	0	118	111	-7
5.	102	106	4	133	118	-15	151	139	-12
6.	97	92	-5	112	113	1	126	122	-4
7.	114	102	-12	128	119	-9	142	129	-13
8.	128	135	7	152	148	-4	165	158	-7
9.	92	92	0	123	129	6	138	138	0
10.	95	95	0	128	118	-10	138	120	-18
11.	108	122	14	130	143	13	148	153	5
12.	92	95	3	98	105	7	105	115	10
13.	90	95	5	108	102	-6	115	108	-7
14.	92	90	-2	115	108	-7	122	115	-7
15.	112	92	-20	125	105	-20	138	125	-13
16.	102	113	11	113	118	5	135	135	0
17.	130	134	4	152	151	1	161	157	-4
18.	95	92	-3	122	119	-3	141	141	0
19.	85	111	26	102	125	23	113	140	27
20.	125	116	-9	136	132	-4	144	138	-6
21.	108	106	-2	132	142	10	150	159	9
22.	102	114	12	115	128	13	133	141	8
23.	76	95	19	102	118	16	111	128	17
24.	111	113	2	125	131	6	140	151	11
25.	111	135	24	140	142	2	158	155	-3
26.	72	100	28	105	115	10	122	127	5
27.	105	95	-10	128	122	-6	132	138	6
28.	85	92	7	112	115	3	132	122	-10
29.	75	90	15	110	112	2	122	125	3
30.	95	122	27	112	135	23	122	138	16

Fortsetzung Tab. IV

HSF (n/min) unter Belastung

4.Min			5.Min			6.Min		
o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D
165	172	7	172	175	3	-	-	-
145	148	3	150	155	5	157	154	-3
135	132	-3	148	138	-10	164	164	0
129	126	-3	136	133	-3	148	155	7
162	158	-4	169	171	2	172	173	1
139	135	-4	149	151	2	155	163	8
153	143	-10	168	156	-12	173	172	-1
169	169	0	172	172	0	-	-	-
153	150	-3	162	157	-5	167	159	-8
150	138	-12	156	148	-8	164	156	-8
168	165	-3	172	172	0	-	-	-
128	133	5	145	151	6	155	156	1
132	122	-10	145	135	-10	155	149	-6
138	128	-10	150	141	-9	158	153	-5
152	138	-14	163	149	-14	172	165	-7
144	147	3	153	158	5	160	168	8
168	167	-1	172	173	1	178	176	-2
155	153	-2	162	161	-1	-	-	-
125	151	26	135	156	21	145	158	13
154	145	-9	162	156	-6	165	167	2
165	163	-2	173	174	1	-	-	-
145	153	8	152	162	10	155	163	8
132	135	3	175	145	-30	-	-	-
158	163	5	166	172	6	172	175	3
168	170	2	172	175	3	175	179	4
135	142	7	149	155	6	159	165	6
143	142	-1	152	154	2	160	158	-2
143	145	2	155	153	-2	165	163	-2
135	138	3	148	149	1	-	-	-
135	145	10	145	152	7	156	155	-1

Fortsetzung Tab. IV

Herzschlagfrequenz HSF (n/min) in der Erholungsphase

Vp	sofort nach Ende der Belastung			1. Min		
	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D
1.	169	171	2	142	154	12
2.	170	168	-2	142	152	10
3.	164	165	1	146	142	-4
4.	130	160	30	102	123	21
5.	159	175	16	142	172	30
6.	142	165	23	137	150	13
7.	172	171	-1	153	158	5
8.	172	172	0	168	163	5
9.	172	155	-17	148	143	-5
10.	171	163	-8	160	145	-15
11.	165	169	4	148	155	7
12	142	155	13	95	115	20
13.	165	162	-3	130	135	5
14.	162	160	-2	139	135	-4
15.	172	155	-17	145	148	3
16.	163	165	2	154	152	-2
17.	165	176	11	157	167	10
18.	155	156	1	136	137	1
19.	162	171	9	145	149	4
20.	165	172	7	140	141	1
21.	169	169	0	143	141	8
22.	143	161	8	139	143	4
23.	135	142	7	102	135	33
24.	163	172	9	155	158	3
25.	172	178	6	152	165	13
26.	161	165	4	140	135	-5
27.	165	150	-15	132	128	-4
28.	170	167	-3	145	132	-13
29.	135	152	17	105	118	13
30.	155	160	5	128	145	17

Fortsetzung Tab. IV

Herzschlagfrequenz HSF (n/min) in der Erholungsphase

3.Min			6.Min			9.Min		
o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D	o.K.	m.K.	D
128	131	3	116	117	1	114	110	-4
138	125	-13	126	117	-9	112	112	0
120	126	6	108	112	4	105	112	7
94	95	1	84	98	14	82	95	13
125	112	-13	109	108	-1	102	102	0
126	127	1	122	118	-4	111	112	1
129	118	-11	122	115	-7	118	116	-2
145	152	7	135	135	0	131	132	1
125	95	-30	116	90	-26	111	88	-13
135	118	-17	128	110	-18	120	105	-15
120	132	12	113	115	2	108	112	4
65	85	20	67	85	18	67	87	20
92	92	0	92	92	0	92	92	0
110	98	-12	101	90	11	100	88	-12
117	125	8	111	120	9	104	112	8
125	135	12	115	128	13	108	125	17
148	153	5	141	149	8	135	148	13
112	103	-9	101	85	-16	101	86	-15
109	112	3	95	102	7	92	98	6
121	131	10	115	128	13	102	125	23
122	125	3	118	114	-4	109	115	6
116	125	11	103	121	18	96	118	22
95	115	20	85	98	13	67	75	8
131	132	1	127	124	-3	125	119	-6
149	135	-14	119	128	9	115	125	10
115	106	-9	110	98	-12	105	92	-13
108	85	-23	101	92	-9	98	87	-9
112	97	-15	105	92	-13	102	92	-10
82	109	27	75	85	10	75	72	-3
112	126	14	102	106	4	98	102	4

Tab. V

Blutdruck RR (mm Hg) Messungen in Ruhe

Vp	3.Min o.K. syst.	diast.	3.Min m.K. syst.	diast.	D syst.	diast.	6.Min o.K. syst.	diast.	6.Min m.K. syst.	diast.
1.	110	80	120	85	10	5	110	85	125	85
2.	140	90	140	85	0	-5	130	85	135	100
3.	110	80	120	80	10	0	115	70	130	80
4.	110	70	125	80	15	10	110	80	130	85
5.	120	90	140	100	20	10	125	90	130	100
6.	125	90	125	90	0	0	125	95	120	85
7.	125	75	115	90	-10	15	120	75	115	85
8.	140	95	150	100	10	5	135	90	150	100
9.	115	80	120	80	5	0	120	80	125	75
10.	170	100	170	105	0	5	160	100	165	105
11.	110	80	125	85	15	5	120	85	125	85
12.	100	70	120	85	20	15	100	70	110	75
13.	145	100	145	105	0	5	145	95	130	85
14.	120	85	120	80	0	-5	120	80	120	75
15.	140	80	130	80	-10	0	135	80	135	85
16.	135	85	130	80	5	-5	120	75	135	80
17.	130	100	130	95	0	-5	125	100	125	90
18.	100	65	100	65	0	0	100	60	105	70
19.	120	80	130	85	10	5	120	85	130	80
20.	125	75	125	65	0	-10	115	75	125	70
21.	120	85	115	80	-5	-5	120	90	125	90
22.	135	80	170	110	35	30	130	80	160	100
23.	110	80	120	85	10	5	115	75	120	80
24.	120	80	130	85	10	5	125	80	135	90
25.	110	80	125	85	15	5	110	80	130	85
26.	115	75	130	80	15	5	110	75	125	80
27.	105	70	120	85	15	15	110	75	125	80
28.	120	80	130	90	-10	10	120	85	125	85
29.	140	95	135	75	-5	-20	130	95	135	80
30.	160	100	160	100	0	0	145	90	165	105

Fortsetzung Tab. V

Blutdruck RR (mm Hg) Messungen in Ruhe

6. Min m.K.				9. Min o.K.			
D						D	
syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
15	0	110	85	130	85	20	0
5	15	130	90	130	100	0	10
15	10	115	75	135	85	20	10
20	5	110	80	130	80	20	0
5	10	125	95	130	100	5	5
5	-10	125	95	120	85	-5	-10
-5	10	120	80	120	90	0	10
15	10	135	100	145	100	10	0
5	-5	115	80	120	80	5	0
5	5	155	105	155	100	0	-5
5	0	120	80	130	90	10	10
10	5	100	70	110	80	10	10
-15	-10	145	100	130	90	-15	-10
0	-5	125	80	125	80	0	0
0	5	130	80	130	85	0	5
15	5	120	80	130	80	10	0
0	-10	130	100	125	90	-5	-10
5	10	100	65	100	70	0	5
10	-5	125	85	145	100	20	15
10	-5	120	85	125	70	5	-15
5	0	110	85	120	90	10	5
30	10	130	85	160	95	30	10
5	5	110	80	115	80	5	0
10	10	125	80	120	90	-5	10
20	5	115	80	130	85	15	5
15	5	115	75	125	80	10	5
15	5	105	75	120	85	15	10
5	0	125	85	125	85	0	0
5	-15	135	95	140	85	5	-10
20	15	145	100	165	100	20	0

Fortsetzung Tab. V

Blutdruck RR (mm Hg) in der Erholungsphase

Vp	sofort nach Belastung						1. Min			
	o.K.		m.K.		D		o.K.		m.K.	
	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
1.	140	60	160	55	20	-5	130	60	150	60
2.	180	90	185	90	5	0	170	90	165	75
3.	170	65	185	70	15	5	175	60	180	70
4.	180	100	190	80	10	-20	170	70	180	70
5.	160	100	170	90	10	-10	160	90	135	80
6.	140	60	145	55	5	-5	155	60	160	65
7.	180	60	180	70	0	10	185	65	185	70
8.	185	75	165	60	-20	-15	185	70	170	80
9.	170	50	165	55	-5	5	165	60	165	55
10.	225	70	210	55	-15	-15	225	65	215	60
11.	160	65	165	55	5	-10	140	60	135	50
12.	135	50	150	45	15	-5	145	60	180	60
13.	190	70	200	100	10	30	185	70	200	90
14.	165	70	160	70	-5	0	160	65	170	75
15.	180	70	180	80	0	10	165	65	170	65
16.	165	50	165	50	0	0	175	50	175	55
17.	150	75	150	60	0	-15	145	75	150	60
18.	140	60	150	50	10	-10	140	60	150	50
19.	150	50	175	50	25	0	160	55	180	50
20.	180	75	180	65	0	-10	170	70	160	65
21.	170	60	160	50	-10	-10	170	65	165	55
22.	160	50	165	65	5	15	170	60	180	70
23.	160	80	175	65	15	-15	155	75	165	70
24.	170	65	170	65	0	0	165	70	170	65
25.	150	60	170	50	20	-10	145	60	165	60
26.	160	55	170	60	10	5	160	55	160	60
27.	145	45	145	55	0	10	145	50	155	60
28.	150	55	165	65	10	10	145	50	155	60
29.	200	80	205	90	5	10	170	75	185	70
30.	220	65	255	70	35	5	210	70	235	65

Fortsetzung Tab. V
Blutdruck RR (mm Hg) in der Erholungsphase

1. Min				3. Min				6. Min	
D		o.K.		m.K.		D		o.K.	
syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
20	0	110	65	130	70	20	5	110	65
-5	-15	150	90	155	80	5	-10	130	80
5	10	165	60	175	75	75	15	155	70
10	0	130	70	160	70	30	0	110	70
-25	-10	120	75	120	70	0	-5	110	75
5	5	135	65	155	65	20	0	130	70
0	5	160	70	145	75	-15	5	150	80
-15	10	160	70	170	80	10	10	145	70
0	-5	160	65	115	70	-45	5	135	75
-10	-5	200	75	165	70	-35	-5	185	75
-5	-10	110	60	130	50	20	-10	105	60
35	0	125	65	150	60	25	-5	110	70
15	20	150	75	165	85	15	10	130	80
10	10	140	65	165	75	25	10	125	70
5	0	130	65	160	75	30	10	120	65
0	5	160	60	160	60	0	0	130	60
5	-15	140	80	145	70	5	-10	130	80
10	-10	135	60	140	60	5	0	115	60
20	-5	145	55	160	80	15	25	125	60
-10	-5	170	70	150	70	-20	0	170	75
-5	-10	140	70	145	60	5	-10	130	75
10	10	165	65	175	75	10	10	140	65
10	-5	140	90	140	75	0	-15	150	90
5	-5	140	65	170	65	30	0	130	70
20	0	135	70	140	75	5	5	115	70
0	5	140	60	130	60	-10	0	120	60
0	10	125	60	135	65	10	5	105	70
10	10	130	55	145	60	15	5	125	60
15	-5	145	75	170	75	25	0	130	80
25	-5	170	75	200	80	30	5	140	90

Fortsetzung Tab. V

Blutdruck RR (mm Hg) in der Erholungsphase

6. Min						9. Min			
m.K.		D		o.K.		m.K.		D	
syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
110	70	0	5	110	65	110	70	0	5
130	85	0	5	130	80	125	85	-5	5
170	85	15	15	140	75	150	85	10	10
130	75	20	5	110	85	110	75	0	-10
130	75	20	0	110	75	110	75	0	0
130	75	20	0	110	75	110	75	0	0
140	70	10	0	120	75	130	75	10	0
125	80	-25	0	140	80	120	85	-20	5
155	85	10	15	135	75	150	85	15	10
110	70	-25	-5	120	80	110	70	10	10
150	80	-35	5	160	100	150	90	-10	-10
110	75	5	15	100	65	110	70	10	5
110	70	0	0	100	70	105	75	5	5
135	90	5	10	125	80	125	85	0	5
130	75	5	5	120	75	120	70	0	-5
140	75	20	10	120	70	140	75	20	5
140	75	10	15	125	65	130	80	5	15
145	70	15	-10	125	80	120	75	-5	-5
115	65	0	5	105	60	105	65	0	5
130	70	5	10	120	80	125	75	5	-5
140	70	-30	-5	120	75	125	70	5	-5
135	75	5	0	120	80	135	70	15	-10
165	75	25	10	120	80	155	85	35	5
130	75	-20	-15	120	80	120	75	0	-5
125	75	-5	5	125	75	120	80	-5	5
125	75	10	5	110	75	115	80	5	5
125	65	5	5	120	65	120	70	0	5
115	75	10	5	95	70	120	80	25	10
130	70	5	10	115	70	115	65	0	-5
150	85	20	5	120	85	130	85	10	0
185	85	45	-5	140	90	165	100	25	10

Tab. VI

V_{O_2max} (l/min)$_{STPD}$ und max. Atemminutenvol. V_{AMVmax} (l/min)$_{BTPS}$

maximale Sauerstoffaufnahme

Vp	V_{O_2max} o.K.	V_{O_2max} m.K.	D	V_{AMVmax} o.K.	V_{AMVmax} m.K.	D
1.	2,193	2,193	0,000	70,45	77,55	7,10
2.	3,459	3,266	0,193	128,89	103,25	-25,64
3.	2,469	2,557	0,882	80,81	91,73	10,92
4.	3,223	3,249	0,026	103,55	113,63	10,08
5.	2,745	2,627	-0,118	93,99	91,75	-2,24
6.	3,458	3,444	-0,014	114,66	118,85	4,29
7.	2,730	2,818	0,088	88,92	111,86	22,94
8.	1,922	1,940	0,018	85,17	76,44	-8,73
9.	2,910	2,982	0,072	117,94	125,61	7,67
10.	2,910	2,646	-0,264	99,59	86,71	-12,88
11.	2,539	2,613	0,073	62,16	64,19	2,74
12.	2,612	2,866	0,254	86,27	107,01	20,74
13.	2,818	2,995	0,177	131,08	107,06	-24,02
14.	2,894	2,982	0,088	104,54	112,50	7,96
15.	2,715	2,529	-0,189	122,88	120,18	-2,70
16.	2,283	1,929	-0,354	127,79	101,59	-26,20
17.	2,205	2,296	0,091	86,38	117,93	31,55
18.	1,666	1,655	-0,011	43,69	44,36	0,62
19.	3,337	3,069	-0,268	147,46	136,31	-11,15
20.	2,998	2,998	0,000	146,33	146,52	0,19
21.	2,029	2,033	0,005	114,66	108,11	-6,55
22.	1,747	1,686	-0,061	72,72	70,87	-1,85
23.	2,466	2,456	-0,010	68,82	91,75	22,93
24.	2,456	2,439	-0,017	91,75	97,18	5,89
25.	2,340	2,469	0,129	141,56	125,84	-15,72
26.	2,982	2,983	0,001	128,45	81,71	-46,74
27.	2,193	2,020	-0,173	146,36	141,99	-4,37
28.	2,929	2,938	0,009	99,80	83,65	-16,15
29.	2,116	2,099	-0,017	104,86	127,70	22,84
30.	3,508	3,249	-0,259	91,29	97,18	5,89

Herrn Prof.Dr.med.Schäcke danke ich für seine freundliche Unterstützung bei der Bearbeitung des Themas und Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

8.0 Lebenslauf

Ich wurde am 7. August 1947 als drittes Kind des Facharztes für Innere Medizin Dr.med. Ludwig Barth und seiner Frau Maria Barth, geb. Löhr, in Berlin geboren.

1953 zog unsere Familie nach Erlangen. Hier besuchte ich nach vier Grundschuljahren das humanistische Gymnasium und machte Juli 1966 das Abitur.

Im Wintersemester 1966 begann ich mein Medizinstudium an der Friedrich - Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg. Zwei Semester vor dem Staatsexamen wechselte ich an die Freie Universität Berlin und legte hier am 23. August 1972 die ärztliche Prüfung ab.

Die Medizinalassistentenzeit begann ich am 1. November 1972 in der III. Inneren Abteilung des Rudolf-Virchow-Krankenhauses. Hier arbeitete ich acht Monate auf einer vorwiegend kardiologisch ausgerichteten internistischen Allgemeinstation.
Im Juli 1973 wechselte ich auf die Allgemeinchirurgische Abteilung.

Nach erfolgter Approbation begann ich meine Facharzt-Ausbildung für Radiologie am 1. November 1973 in der Abteilung für Strahlentherapie und Nuklearmedizin des Rudolf - Virchow - Krankenhauses unter der Leitung von Prof. Dr.med. W. Schumacher.

Seit Januar 1976 war ich in der röntgendiagnostischen Abteilung des Virchow - Krankenhauses unter der Leitung von Prof. Dr.med. H. Witt tätig, wo ich meine Facharzt-ausbildung Januar 1978 abschloß.

Berlin, den 22. Juni 1978

Angela Barth